

І.Г. ПОЖИДАЄВ, студент, НТУ «ХПІ»,
В.О. ПИЛЬОВ, докт. техн. наук, проф., НТУ «ХПІ»,
М.В. ПРОКОПЕНКО, канд. техн. наук, доц., НТУ «ХПІ»

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ ГРАНИЧНИХ УМОВ ДЛЯ ЗОНИ ВЕРХНЬОГО КІЛЬЦЯ ПОРШНЯ ШВИДКОХІДНОГО ДВИГУНА

У статті приведена методика визначення граничних умов 3-го роду в зоні верхнього поршневого кільця для розрахунку теплонапруженого стану поршня двигуна. Ця методика оснований на корегуванні умовної температури середовища, як складової граничних умов 3-го роду

В статье приведена методика определения предельных условий 3-го рода в зоне верхнего поршневого кольца для расчета теплонапряженного состояния поршня двигателя. Эта методика основана на корректировании условной температуры среды, как составной предельных условий 3-го рода

In the article the resulted method of determination of boundary conditions 3th sort is in the area of overhead piston-ring for the calculation of the heat-stressed state the engine piston. This method is based on correct of conditional temperature of environment, as a constituent of boundary conditions 3th sort

Поршень – одна з найбільш теплонапружених деталей двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ). Він сприймає тиск газів в циліндрі, бічні сили, дію теплового навантаження і піддається підвищеному зносу тертям.

Дослідження напружено-деформованого стану поршня, обумовленого дією теплового і механічного навантажень, проводилися багатьма вітчизняними і зарубіжними авторами [2, 4, 5]. При цьому розрахункові дослідження виконувалися в основному на вісесиметричних моделях, що було пов'язане з обмеженими можливостями обчислювальної техніки.

Використання тривимірних кінцево-елементних моделей дозволяє отримати коректніші результати розрахунку температурних полів, напружень і деформацій, за рахунок істотно більш точного опису геометрії деталі, а також врахування асиметрії навантаження.

Аналіз постановки задачі дослідження температурного стану циліндро-поршневої групи швидкохідного двигуна. Найбільш часто у ДВЗ граничні умови (ГУ) задають у вигляді умов 3-го роду. При цьому задачу теплопровідності розв'язують на основі наступного функціоналу:

$$\Phi(t) = \frac{1}{2} \cdot \int_{\Omega} \left\{ I_x \cdot \left(\frac{\partial t}{\partial x} \right)^2 + I_y \cdot \left(\frac{\partial t}{\partial y} \right)^2 + I_z \cdot \left(\frac{\partial t}{\partial z} \right)^2 \right\} \cdot dV + \frac{1}{2} \cdot \int_{\partial\Omega_a} a \cdot (t - t_{cp}) \cdot t \cdot dS \rightarrow \min$$

Однак при цьому дослідники використовують вісесиметричні граничні умови. Тому метою роботи є врахування несиметричності ГУ поршня та визначення впливу цих умов на температурний стан конструкції. Для досягнення поставленої мети розв'язувались наступні задачі:

- розробка методики розрахунку температурного стану поршня з несиметричними граничними умовами в зоні поршневих кілець;
- аналіз впливу несиметричних граничних умов в зоні поршневих кілець на температурний стан поршня;
- розробка заходів з поліпшення теплонапруженого стану циліндро-поршневої групи швидкохідного двигуна.

Розробка методики розрахунку температурного стану поршня з несиметричними граничними умовами в зоні поршневих кілець. Для визначення температурного стану поршня з несиметричними граничними умовами в зоні поршневих кілець необхідно оцінити вплив температурного стану гільзи циліндрів, з цією метою було виконано розрахунок температурного стану гільзи, з наданням несиметричних граничних умов 3-го роду.

Поставлена задача виконувалася за допомогою кінцево-елементного методу. Схема завдання граничних умов 3-го роду наведена на рисунку а.

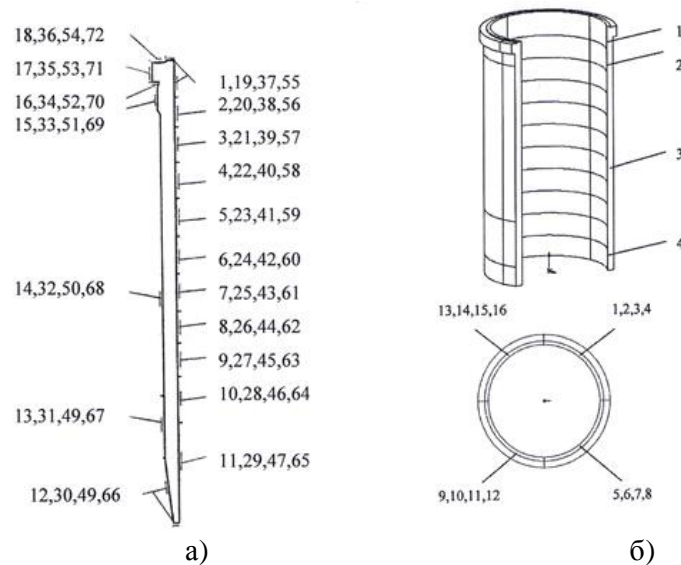


Рисунок – Схема завдання граничних умов 3-го роду для гільзи циліндрів: а) переріз з ділянками для завдання ГУ; б) тривимірна модель гільзи з розташуванням контрольних точок

Розрахункові дослідження напружено-деформованого стану гільзи циліндрів велися на прикладі двигуна 4 ЧН 12/14 при рівні форсування $N_L = 18,5$ кВт/л ($P_e = 0,83$ МПа, $n = 2000$ хв⁻¹).

Подібні розрахунки були виконані авторами [1, 2, 3] на вісесиметричній моделі.

Значення граничних умов 3-го роду для гільзи циліндрів наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Значення граничних умов 3-го роду для гільзи циліндрів

Ділянка	t, °C	α , Вт/м ²	Ділянка	t, °C	α , Вт/м ²	Ділянка	t, °C	α , Вт/м ²
1	900	450	25	360	310	49	90	300
2	810	385	26	270	295	50	90	11000
3	720	370	27	180	280	51	100	6000
4	630	355	28	150	280	52	125	15000
5	540	340	29	100	250	53	125	160
6	455	315	30	85	500	54	160	200
7	360	310	31	90	300	55	765	383
8	270	295	32	90	11000	56	688	327
9	180	280	33	100	6000	57	612	315
10	150	280	34	125	15000	58	535	302
11	100	250	35	125	160	59	459	289
12	85	500	36	160	200	60	387	268
13	90	300	37	765	383	61	360	310
14	90	11000	38	688	327	62	270	295
15	100	6000	39	612	315	63	180	280
16	125	15000	40	535	302	64	150	280
17	125	160	41	459	289	65	100	250
18	160	200	42	387	268	66	85	500
19	765	383	43	360	310	67	90	300
20	688	327	44	270	295	68	90	11000
21	612	315	45	180	280	69	100	6000
22	535	302	46	150	280	70	125	15000
23	459	289	47	100	250	71	125	160
24	387	268	48	85	500	72	160	200

Виконані нами розрахунки з використанням вісесиметричних ГУ [6] та їх порівняння з реальним температурним полем [7] показали, що відмінність

значень температури (t) в окружному напрямку в окремих теплонапружених зонах гільзи складає 36 К.

З метою отримання конкретних значень температур, було виконано зондування контрольних точок на внутрішній поверхні гільзи. Ці точки наведені на рисунку 1б.

Експериментальні та розрахункові значення температур (t) в контрольних точках надані в таблиці 2.

Таблиця 2

Температурний стан гільзи циліндрів в контрольних точках

№ контрольної точки	t, °C		№ контрольної точки	t, °C	
	Експ.	Розр.		Експ.	Розр.
1	180	181	9	164	165
2	123	140	10	117	125
3	113,5	106	11	104	105
4	115	101	12	109	98
5	145	158	13	145	158
6	124	125	14	124	124
7	119	106	15	119	106
8	103	100	16	103	100

Для подальшого розрахунку температурного стану поршня з врахуванням значень температури гільзи циліндрів, необхідно визначити температуру середовища у зоні першого поршневого кільця.

Відповідну умовну температуру середовища пропонується визначити для КЗ відкритого типу за наступною формулою [1, с.108]:

$$T_{Cp_{III}} = K_{T_{III}} \cdot (0,725 + 0,0149N_d);$$

де коефіцієнт $K_{T_{III}} = 200 \frac{\text{град}}{(\text{кВт} / \text{л})}$, обрано для відповідного типу двигуна з [1, с.308] при симетричних граничних умовах.

При несиметричних граничних умовах коефіцієнт $K_{T_{III}}$ визначаємо, виходячи з усереднених значень температур внутрішньої поверхні гільзи. Для по-

ршня двигуна з рівнем форсування $N_d = 18,5$ кВт/л встановлені несиметричні ГУ в зоні верхнього поршневого кільця.

При цьому температура середовища перебуває в межах $233 \div 215$ °С, у випадку вісесиметричних ГУ температура середовища складала 220 °С, тобто різниця температур для симетричних та несиметричних ГУ складає 18 К, що є значно для цієї теплонапруженої зони та потребує врахування саме несиметричних ГУ.

Висновки:

На основі даних розрахунку температурного стану гільзи циліндрів встановлено, що відмінність значень температури в окружному напрямку гільзи може складати 36 К. Це свідчить про необхідність завдання несиметричних ГУ як для гільзи, так і в зоні верхнього кільця для поршня двигуна.

Запропонована методика завдання несиметричних ГУ в зоні верхнього поршневого кільця, яка основана на корегуванні умовної температури середовища, як складової ГУ 3-го роду. Показана необхідність врахування несиметричних ГУ 3-го роду в зоні верхнього кільця поршня двигуна.

Список літератури: 1. *Пильов В.О.* Автоматизоване проектування поршнів швидкохідних дизелів із заданим рівнем тривалої міцності: Монографія / *В.О. Пильов* . – Х.: Видавничий центр НТУ «ХП», –2001. – 332с. 2. *Левтеров А.М.* Исследования теплового и напряженно-деформированного состояния деталей цилиндро-поршневой группы быстроходного дизеля при нестационарных нагрузениях: дис. канд. техн. наук:05.05.03 / *А.М. Левтеров*. – Х.: – 1991. – 213с. 3. Процессы в перспективных дизелях / [*А.Ф. Шеховцов, Ф.И. Абрамчук, В.И. Крутов* и др.]; под. ред. *А.Ф. Шеховцова*. – Х.: Изд - во «Основа», – 1992. – 352с. 4. *С.П. Косырев* и др. Исследование остаточных напряжений в высоконагруженных деталях форсированных дизелей // Двигателестроение. – 2003. – № 2. – С. 21 – 23. 5. *Пильов В.О., Шеховцов А.Ф., Прокопенко М.В.* Прогнозування камер згорання поршнів швидкохідних дизелів в експлуатації // Вісник НТУ «ХП». Тематичний збірник наукових праць «Двигуни внутрішнього згорання» / *В.О. Пильов, А.Ф. Шеховцов, М.В. Прокопенко* – Х.: НТУ «ХП», – 2001. – № 2. – С. 101–119. 6. Сборник научных трудов «Двигатели внутреннего сгорания», под. ред. *А.Ф. Шеховцова*. – Х.: Изд - во «Основа», – 1993. – 137с. 7. *Марченко А.П.* Дослідження впливу матеріалу гільзи швидкохідного дизеля на її температурний стан / *А.П. Марченко, М.В. Прокопенко, В.О. Пильов, В.В. Шпаковський, І.Г. Пожидаєв* // Двигатели внутреннего сгорания. – 2009. – № 2. – С.51 – 53.

Надійшла до редколегії 10.01.10